

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

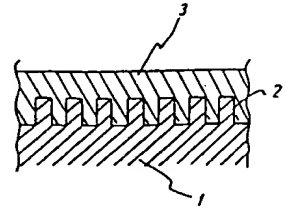
**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**(54) WAVELENGTH PLATE**

(11) 62-269103 (A) (43) 21.11.1987 (19) JP  
 (21) Appl. No. 61-112881 (22) 16.5.1986  
 (71) NEC CORP (72) YASUO KIMURA(1)  
 (51) Int. Cl.<sup>4</sup> G02B5/30, G02B5/18

**PURPOSE:** To obtain a wavelength plate which is tolerant of contamination and damage and easily formed by providing a substrate dielectric provided with a surface relief grating whose in-use wavelength and grating pitch are specified in certain relation and a dielectric medium which has a refracting index much larger than the substrate dielectric.

**CONSTITUTION:** This wavelength plate is constituted including the substrate dielectric 1 provided with the surface relief grating 2 whose relation between the in-use wavelength  $\lambda$  and grating pitch ( $d$ ) is so specified that  $\lambda/d \geq 1.472$  and the dielectric medium 3 which is charged on the surface relief grating 2 of the substrate dielectric 1 and has a flat surface and the refractive index much larger than the substrate dielectric 1. Consequently, large birefringence is obtained as compared with when the grating is exposed to the air, the groove depth of the grating manufactured on the dielectric substrate is reduced, and the manufacture is facilitated; and the grating is covered completely with the high-refractive-index dielectric, so the grating is protected from damage and the interface between the dielectric and air is made flat, so that the wavelength plate becomes tolerant of contamination.



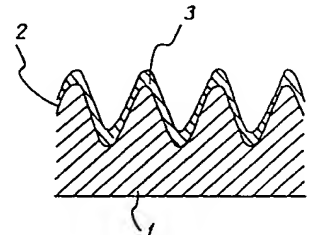
FUK-81

**(54) WAVELENGTH PLATE**

(11) 62-269104 (A) (43) 21.11.1987 (19) JP  
 (21) Appl. No. 61-112882 (22) 16.5.1986  
 (71) NEC CORP (72) YASUO KIMURA(1)  
 (51) Int. Cl.<sup>4</sup> G02B5/30, G02B5/18

**PURPOSE:** To facilitate the formation of a wavelength plate by including a substrate dielectric which has a substrate relief grating whose relation between the in-use wavelength and grating pitch is specified on the surface and a dielectric medium which has a surface relief grating formed in phase and at the same pitch with the substrate relief grating and is much larger in refractive index than the substrate dielectric.

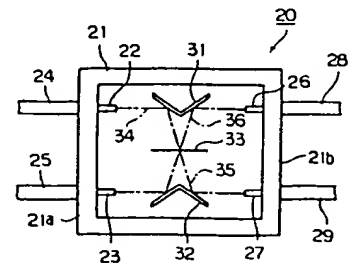
**CONSTITUTION:** The wavelength plate is constituted including the substrate dielectric 1 which is provided on the surface with the substrate relief grating 2 whose relation between the in-use wavelength  $\lambda$  and grating pitch ( $d$ ) is so specified that  $\lambda/d \geq 1.472$  and the dielectric medium 3 which has the surface relief grating formed on the surface in phase and at the same pitch ( $d$ ) with the substrate relief grating 2 by being coated or charged on the substrate relief grating 2 and is much larger in refractive index than the substrate 1. Consequently, the groove depth of the grating formed on the dielectric substrate is reducible, so the formation of the grating is facilitated and the wavelength plate is mass-produced at low cost.

**(54) OPTICAL BRANCHING AND COUPLING DEVICE**

(11) 62-269106 (A) (43) 21.11.1987 (19) JP  
 (21) Appl. No. 61-112468 (22) 19.5.1986  
 (71) NEC CORP (72) TAKASHI SHIBUYA  
 (51) Int. Cl.<sup>4</sup> G02B6/28

**PURPOSE:** To obtain a compact optical branching and coupling device which has no polarizing direction dependency by making projection light from an optical fiber incident on a half-mirror at a small angle of incidence by wedgelike total reflecting elements.

**CONSTITUTION:** The vertical angles of the total reflecting elements 31 and 32 are set to  $100^\circ$  so that the angle of incidence on the half-mirror 33 is  $10^\circ$ . The projection light 34 from the optical fiber 24 is made into parallel light by a lens 22 and also reflected by the total reflecting element 31 to impinge on the half-mirror 33, which splits the incident light into transmitted light 35 and reflected light 36. The transmitted light 35 is converged by a lens 27 on an optical fiber 29 and the other reflected light 36 is converged on an optical fiber 28 by a lens 26. Projection light from the other optical fiber 25 is also branched similarly and converged on the optical fibers 28 and 29 respectively.



## ⑫ 公開特許公報(A)

昭62-269104

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>G 02 B 5/30  
5/18

識別記号

庁内整理番号

7529-2H  
7529-2H

⑭ 公開 昭和62年(1987)11月21日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 波長板

⑯ 特 願 昭61-112882

⑰ 出 願 昭61(1986)5月16日

⑱ 発 明 者 木 村 靖 夫 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
 ⑱ 発 明 者 小 野 雄 三 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
 ⑲ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号  
 ⑳ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

## 明 細 書

## 〔従来の技術〕

## 1. 発明の名称

波 長 板

## 2. 特許請求の範囲

使用波長 $\lambda$ と格子ピッチ $d$ との関係が $\lambda/d \geq 1.472$ なる基板レリーフ格子が表面に設けられた基板誘電体と、前記基板レリーフ格子上に被覆あるいは元てんされ表面に前記基板レリーフ格子と等しい位相で等しいピッチ $d$ の表面レリーフ格子が形成され前記基板誘電体の屈折率に比べて十分大きい屈折率を有する誘電体媒質とを含むことを特徴とする波長板。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

この発明は、直交する2つの直線偏光の間に位相差を生ぜしめる、 $1/4$ 波長板、 $1/2$ 波長板、全波長板等の波長板に関するものである。

従来、波長板は水晶の結晶を研削して、常光と異常光の位相差が、 $1/4$ 波長板では $(N+1/4)$ 波長( $N$ は整数)、 $1/2$ 波長板では $(N+1/2)$ 波長、全波長板では $N$ 波長になるような厚さに調整して製作されている。このような結晶研削による方法以外に誘電体に形成した高密度の表面レリーフ格子が複屈折を示すことから格子を用いる方法も提案されている。表面レリーフ格子を用いた波長板の提案と実験はアプライド・フィジックス・レター(Applied Physics Letter)誌第42巻第6号(1983年3月15日発行)第492~494頁掲載のD.C. Flanders 著の論文、及び、アプライド・オブティクス(Applied Optics)誌第22巻第20号(1983年・10月15日発行)第3220~3228頁掲載のR.C. Enger と S.K. Case 著の論文に述べられている。

格子を用いた波長板は、格子のピッチを $d$ 、使用波長を $\lambda$ とすると、 $\lambda$ が $d$ に比べて十分大きい領域では格子の溝に平行な方向の屈折率 $n_{||}$ と格

子の溝に直交する方向の屈折率  $n_{\perp}$  が異なることを利用しており、前述の D. C. Flanders 著の論文によると格子が矩形状の場合、 $n_{\parallel}$ 、 $n_{\perp}$  は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} n_{\parallel} &= [n_1^2 q + n_2^2 (1-q)]^{1/2} \dots\dots (1) \\ n_{\perp} &= [(1/n_1)^2 q + (1/n_2)^2 (1-q)]^{-1/2} \dots\dots (2) \end{aligned}$$

ここで  $n_1$  は媒質 1 の屈折率、 $n_2$  は媒質 2 の屈折率、 $q$  は格子の 1 周期中に媒質 1 の占める割合で  $1 \geq q \geq 0$  である。複屈折の大きさ  $\Delta n$  は次式で与えられる。

$$\Delta n = |n_{\parallel} - n_{\perp}| \dots\dots (3)$$

また、複屈折の大きさ  $\Delta n$  を有する格子に入射した光が受ける位相差  $\Delta \phi$  は次式で与えられる。

$$\Delta \phi [\text{rad}] = \frac{2\pi D}{\lambda} \cdot \Delta n \dots\dots (4)$$

ここで  $D$  は格子の溝深さである。(4)式から、大きな位相差  $\Delta \phi$  を得るには溝深さ  $D$  を大きくするか、または複屈折の大きさ  $\Delta n$  を大きくすればよい。この関係は格子形状が矩形である場合に限らず、正弦波状、三角波状等の場合でも成り立つ。

化性樹脂たとえばスリーボンド社製の UVX-SS-89-1 および第 2 の製造方法において主に用いられる石英ガラスの屈折率はおよそ 1.5 ~ 1.6 である。以下では熱可塑性樹脂、光硬化性樹脂および石英ガラスを媒質 1 とし、その屈折率  $n_1$  を 1.55 とする。また、媒質 2 を空気としその屈折率  $n_2$  を 1.00 とする。格子形状が矩形状の場合は、媒質 1 が格子の 1 周期中に占める割合  $q$  を 0.5 とすれば、複屈折の大きさ  $\Delta n$  は (1)、(2)、(3) 式より 0.116 となる。したがって (4) 式より  $1/4$  波長板、 $1/2$  波長板、全波長板に必要な溝深さ  $D$  はそれぞれ  $1.36 \mu\text{m}$ 、 $2.73 \mu\text{m}$ 、 $5.46 \mu\text{m}$  になる。また、格子ピッチ  $d$  に関して、高密度性に基づく複屈折を得るには  $\lambda/d \geq 1.475$  である必要があるので、 $d \leq 0.43 \mu\text{m}$  なる条件を満足しなければならない。 $q = 0.5$  であるから格子の溝幅  $W$  は  $W \leq 0.21 \mu\text{m}$  となる。したがって、溝幅  $0.21 \mu\text{m}$  以下、溝深さ  $1.36 \mu\text{m} \sim 5.46 \mu\text{m}$  の格子を作製しなければならない。

このような溝幅に対し溝深さが極めて大きい格

表面レリーフ格子による波長板は主に次の 2 つの方法により製造できる。

第 1 の方法は干渉露光法によりホトレジストに表面レリーフ格子を形成し、その格子からニッケル電鍍法で金型を製作し、熱可塑性樹脂にホットプレス法や射出成形法で転写する、あるいは光硬化性樹脂に転写する方法である。

第 2 の方法は誘電体基板上に第 1 の方法と同様の方法でホトレジスト格子を形成し、ホトレジストをマスクとして誘電体基板をイオンエッチング法、または反応性イオンエッチング法、またはイオンビームエッチング法または反応性イオンエッチング法によりエッチングし、表面レリーフ格子を得る方法である。

〔発明が解決しようとする問題点〕

上述の従来の技術には格子の溝幅に対して溝深さが極端に大きくなる問題点がある。たとえば、使用波長  $\lambda$  を He-Ne レーザの  $6328 \text{nm}$  とする。この波長に対して前述の第 1 の製造方法で用いられる熱可塑性樹脂、たとえばアクリル樹脂、光硬

子を第 1 の製造方法で製造する場合、媒質 1 と電鍍金型との実効的な接触面積が著しく増大するため金型面からはく離する時の引張りせん断力が大きくなる。このために、はく離時に硬化した媒質 1 が基板からはがれ、金型面に残留してしまい、表面レリーフ格子の転写が困難になるという問題点がある。

また、第 2 の製造方法では、エッチングに要する時間が数時間にも及び、エッチングに耐え得るホトレジストマスクは、厚さ数  $\mu\text{m}$  になることから、ホトレジストマスクの形成が困難である。また、ホトレジストに形成した格子をエッチング耐性の強い物質、たとえばクロムに転写し、その物質をマスクとしてエッチングを行う場合においても、格子溝深さの増加に伴い、一度エッチングされた誘電体の基板表面への再付着や、溝底部への活性種、イオン、中性粒子の到達粒子数の減少などによりエッチングの進行が阻止され、所望の格子の形成が困難である。このような問題は格子の形状によらず生じる。

以上述べたように従来技術による表面レリーフ格子型の波長板は製造が困難であるという欠点を有している。

本発明の目的は、このような従来技術の問題点を解決し、製造が容易な位相格子型の波長板を提供することにある。

#### 〔問題点を解決するための手段〕

本発明の波長板は、使用波長 $\lambda$ と格子ピッチ $d$ との関係が $\lambda/d \geq 1.472$ なる基板レリーフ格子が表面に設けられた基板誘電体と、前記基板レリーフ格子上に被覆あるいは充てんされ表面に前記基板レリーフ格子と等しい位相で等しいピッチ $d$ の表面レリーフ格子が形成され、前記基板誘電体の屈折率に比べて十分大きい屈折率を有する誘電体媒質とを含んで構成される。

#### 〔作用〕

本発明の作用を図面を参照しながら詳細に説明する。

格子に入射する光が受ける位相差 $\Delta\Phi$ は、格子の溝深さ $D$ と複屈折の大きさ $\Delta n$ に比例する。

$$\Delta n_1 = [n_2^2 q_2 + q_{\text{air}}]^{1/2} - [(1/n_2)^2 q_2 + q_{\text{air}}]^{-1/2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

となる。(1)、(2)式を拡張することにより第2領域6の複屈折の大きさ $\Delta n_2$ は

$$\Delta n_2 = [n_1^2 q_1 + n_2^2 q_2 + q_{\text{air}}]^{1/2} - [(1/n_1)^2 q_1 + (1/n_2)^2 q_2 + q_{\text{air}}]^{-1/2} \quad \dots\dots\dots (7)$$

となる。第3領域7の複屈折の大きさ $\Delta n_3$ は、

$$\Delta n_3 = [n_1^2 q_1 + n_2^2 q_2]^{1/2} - [(1/n_1)^2 q_1 + (1/n_2)^2 q_2]^{-1/2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

となる。複屈折の大きさ $\Delta n$ は隣接する媒質の屈折率差に大きく依存し、 $\Delta n_1 > \Delta n_2 > \Delta n_3$ となる。第1領域5、第2領域6、第3領域7の各層厚をそれぞれ $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ とすれば、格子を通過する波長 $\lambda$ が受ける位相差 $\Delta\Phi$ は(3)式より

$$\Delta\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \sum_{k=1}^3 D_k \cdot \Delta n_k \quad \dots\dots\dots (9)$$

となる。第3図は(9)式から位相差 $\Delta\Phi$ と誘電体媒質3の厚さの関係を誘電体媒質の屈折率をパラメータとして求めた結果を示している。このとき、誘電体基板1に形成された格子はピッチ $d = \lambda/2$ 、

本発明は溝深さ $D$ を大きくせずに、複屈折の大きさ $\Delta n$ を大きくすることにより、前述の問題点を解決しようとするものである。

屈折率 $n_1$ を有する誘電体基板に矩形格子が形成されている場合を考える。第2図は屈折率 $n_1$ を有する誘電体基板1の表面に設けられた矩形格子4が屈折率 $n_1$ よりも大きい屈折率 $n_2$ を有する誘電体媒質3で被覆された場合を示す断面図である。この状態の格子は断面にそって格子頂部から、誘電体媒質3と空気より成る第1領域5、誘電体基板1と誘電体媒質2と空気より成る第2領域6および誘電体基板1と誘電体媒質3より成る第3領域7の3つの領域に分けて考えられる。格子の1周期中に誘電体媒質1が占める割合を $q_1$ 、誘電体媒質3が占める割合を $q_2$ 、空気が占める割合を $q_{\text{air}}$ とする。ここで

$$q_1 + q_2 + q_{\text{air}} = 1 \quad \dots\dots\dots (5)$$

である。空気の屈折率を1.00とすると(1)、(2)、

(3)式から第1領域5の複屈折の大きさ $\Delta n_1$ は、

溝深さ $D = \lambda$ 、屈折率 $n_1 = 1.55$ とし、誘電体媒質3の厚さは格子の頂部、底部、側面部とも等しいとした。図の左端は誘電体媒質3がなく誘電体基板1に形成された格子だけの場合であり、右端は格子の溝が誘電体媒質で完全に埋められた場合に対応している。

第3図から、誘電体基板1の格子表面を基板1の屈折率より十分高い屈折率を有する誘電体媒質3で被覆することにより入射光が受ける位相差を被覆が無い場合、あるいは格子の溝部が完全に誘電体媒質3で埋められた場合に比べて大きくすることができることがわかる。

第4図は誘電体媒質3の膜厚を大きくして第2図で示した第2領域6が消失した場合の格子形状を示す断面図である。格子の溝部は誘電体媒質3で充てんされている。第1領域5と第3領域7から成るので、格子に入射する波長 $\lambda$ の光が受ける位相差 $\Delta\Phi$ は

$$\Delta\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} (D_1 \cdot \Delta n_1 + D_3 \cdot \Delta n_3) \quad \dots\dots\dots (9)$$

で与えられる。この場合、 $D_2$ は誘電体基板1

に形成された表面レリーフ格子の溝深さ  $D$  と等しい。誘電体媒質 3 と空気との界面を平坦とする場合に比べて厚さ  $D_1$  で発生する位相差分だけ位相差をさらに大きくすることができる。基板 1 の屈折率  $n_1 = 1.55$ 、溝深さ  $D = \lambda$ 、 $D_1 = \lambda/5$ 、誘電体媒質の屈折率  $n_3$  を 2.0, 2.2, 2.4 とすると、 $\Delta\phi$  はそれぞれ 0.753, 1.227, 1.793 [rad] となり、このような構成の場合でも誘電体媒質が存在しない場合の  $\Delta\phi = 0.728$  [rad] よりも大きくなる。

したがって、誘電体基板に製作する格子の溝深さを小さくすることができ、製作が容易な位相格子型の波長板が得られる。

格子が矩形状でなく、正弦波状、三角波状等の場合も同様で、誘電体基板の屈折率に対して十分な大きい屈折率を有する誘電体媒質で格子表面を被覆することにより大きな複屈折が得られ、製作の容易な波長板が得られる。

#### 〔実施例〕

以下、本発明の実施例について、図面を参照し

上に液状のポリシラスチレンを塗布し、溶剤を乾燥させることにより第 1 図に示す波長板を形成した。

第 5 図は本発明の第 2 の実施例を示す断面図で、格子を実際よりもはるかに拡大してある。実際の製作は、第 1 図に示した第 1 の実施例の場合と同様の手法で光硬化樹脂上に格子を形成した後、第 1 の実施例よりもポリシラスチレン膜厚を増加させることにより行う。複屈折の大きさが最も大きい第 1 領域の膜厚さ  $D_1$  が大きくなるため、 $\Delta\phi$  は第 1 の実施例に比べて大きくすることができる。

#### 〔発明の効果〕

本発明によれば、誘電体基板に製作する格子の溝深さを小さくできるので格子の製作が容易となり、したがって製作が容易、安価で量産性に富む波長板が得られる。

#### 〔図面の簡単な説明〕

第 1 図は本発明の一実施例を模式的に示す断面図、第 2 図および第 4 図は、本発明の原理を説明するための誘電体媒質が被覆あるいは充填された

て説明する。

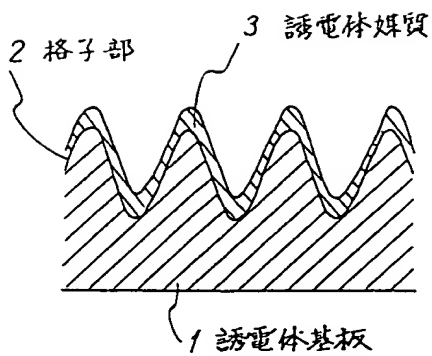
第 1 図は本発明の第 1 の実施例を示す断面図で、わかりやすくするために格子を実際よりもはるかに拡大してある。誘電体基板 1 に正弦波状格子 2 が形成されており、格子 2 の表面が高屈折率誘電体媒質 3 で被覆されて複屈折の大きさを大きくしている。実際の製作には、基板誘電体 1 として光硬化性樹脂であるスリーボンド社製の UVX-SS 89-1 を、高屈折率誘電体媒質 3 として新日置化工社製のポリシラスチレン PSS 75 を用いた。前者の屈折率は 1.52、後者の屈折率は約 2.5 である。使用波長は He-Ne レーザの 632.8 nm である。光硬化性樹脂への格子パターン転写は、まず He-Cd レーザの波長 441.6 nm の光ビームを用いて干渉計を構成し、ホログラフィックに  $\lambda/d = 2.1472$  を満足するピッチ  $d$  が 0.3  $\mu\text{m}$  の格子をホトレジストに形成し、ホトレジスト現象後の正弦波状表面レリーフ格子からニッケル電鍍法で金型を製作し、この金型を用いて行った。光硬化性樹脂である基板誘電体 1 に形成された格子

誘電体基板の模式的な断面図、第 3 図は第 2 図に示す誘電体媒質 3 の厚さと入射する光が受ける位相差の関係を示すグラフ、第 5 図は本発明の他の実施例を模式的に示す断面図である。

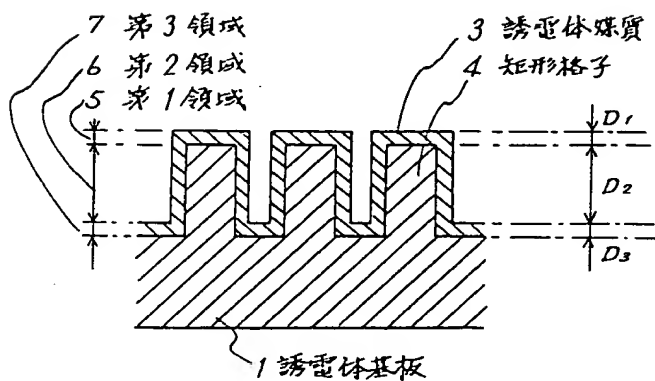
図において、1 は誘電体基板、2 は格子部、3 は誘電体媒質、4 は矩形格子、5 は格子の第 1 領域、6 は格子の第 2 領域、7 は格子の第 3 領域である。

代理人 弁理士 内 原

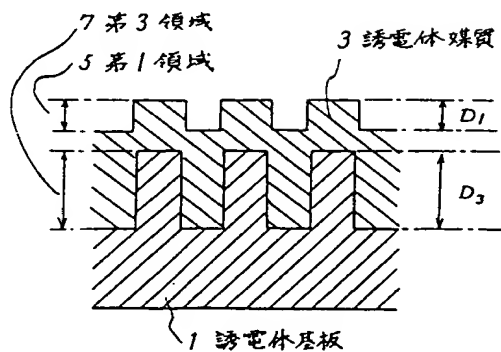




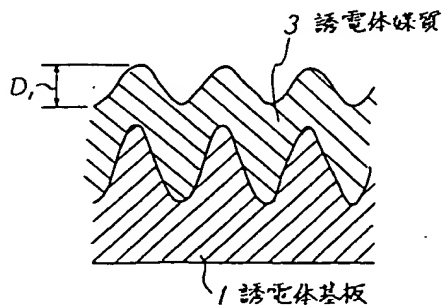
第 1 図



第 2 図



第 4 図



第 5 図

第 3 図

